

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-----

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนากาแฟ
2. โครงการวิจัย : วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร  
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน  
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน  
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of Green Coffee Separator
4. คณะผู้ดำเนินงาน  
หัวหน้าการทดลอง : นายปรีชา อานันท์รัตนกุล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
ผู้ร่วมงาน : นายมานพ รักญาติ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
นายจิรวุทธิ์ เจียรตระกูล สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
นายวิบูลย์ เทเพนทร์ สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
5. บทคัดย่อ

มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกผลกาแฟอ่อนก่อนที่จะนำผลกาแฟไปสีเปลือกสด เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบรีดผลกาแฟให้ผ่านรูตะแกรง โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะนี้จะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ และแยกออกจากช่องด้านปลายของเครื่อง ตัวเครื่องประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรื้อหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน หมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตรแบบแนวนอน เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ผลการทดสอบพบว่าแบบแกนรีดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันทำย ที่

ความเร็วแกนคัต 2.66 เมตร/วินาที สามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง

## Abstact

Green Coffee Separator machine was developed to separate green coffee and cherry coffee before the hulling process. The different physical properties of them was used as a design criteria for separation. Pressing the coffee pass through the sieve is basic principle of the machine. The pulp of cherry is softer than the green coffee. During machine operation, the coffee were pressed by the cylindrical roll core on the outer cylindrical sieve. The cherry coffee will able pass through the sieve but the green coffee could not pass through the sieve then they flow out to different outlets. The machine consist of....The machine consists of a cylindrical roll core with a diameter of 76 mm, 460 mm in length, sticking to a strip or fin, made with round bars diameter of 12 mm, 4 pieces along the axis length. The roller core rotating inside the cylinder grille which is made of round steel bars arranged in a 7 mm horizontal grille. The grating has a diameter of 128 mm. The test results show that the roller without teeth and spiral behind, at the core speed of 2.66 m / s, the machine can separate 90.50% of the green coffee, working capacity of 929.62 kg per hour, using 1.5 horsepower motor as the power source.

## 6. คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกกาแฟและผลิตกาแฟที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก ปัจจุบันมีเนื้อที่ปลูกกาแฟ 253,054 ไร่ ผลผลิต 25,909 ตัน/ปี แต่ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคและแปรรูปในประเทศ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ปี 2560 นำเข้ากาแฟมูลค่า 4,772 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกาแฟจำกัดและขาดเครื่องจักรกลที่ทันสมัยในการผลิต

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 พันธุ์ คือ 1) กาแฟพันธุ์โรบัสต้า เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ราบ พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมอยู่ทางภาคใต้ บริเวณจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ นครศรีธรรมราชและพังงา 2) กาแฟพันธุ์อะราบิกา เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง พื้นที่ปลูกที่เหมาะสมคือภูเขาสูงทางภาคเหนือในจังหวัดเชียงราย แพร่ และน่าน ฯลฯ การผลิตกาแฟของไทยร้อยละ 98 เป็นพันธุ์โรบัสต้า มีเพียงร้อยละ 2 เป็นพันธุ์อะราบิกา ทั้งนี้ไทยผลิตกาแฟโรบัสต้าได้ปีละประมาณ 75,000 – 85,000 ตัน ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศร้อยละ 30 ส่งออกร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 90,000 ตันในปี 2560 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสด เติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็วเชื่อว่าปริมาณความต้องการผลผลิตกาแฟภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น

กรรมวิธีการผลิตสารกาแฟมี 2 วิธีคือ **วิธีแห้ง** (Dry Method or Natural Method) ใช้กับกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า เป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน โดยการนำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากแดดทิ้งผล ประมาณ 15-20 วัน จนผลกาแฟแห้ง หลังจากนั้นจึงนำผลกาแฟแห้งเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด (huller) ได้สารกาแฟที่ต้องการ **วิธีเปียก** (Wet Method or Parchment Method) เป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอะราบิกา เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติดีกว่าวิธีแห้ง แต่ต้องการแรงงานมากกว่า มีขั้นตอนดังนี้ นำผลกาแฟสุกที่เก็บเกี่ยวได้แช่น้ำ เพื่อแยกผลกาแฟที่ฝ่อลอยน้ำออกจากผลกาแฟที่ดี ทำการปอกเปลือกผลกาแฟ (pulping) โดยใช้เครื่องปอกเปลือกบีบให้เปลือกนอกของผลหลุดออกมา กาแฟที่ปอกเปลือกแล้วจะยังมีเมือกห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งจำเป็นต้องลอกออกมิฉะนั้นจะเกิดการหมัก โดยการลอกออกด้วยเครื่องขัดเมือก หรือโดยหมักในบ่อให้เมือกหลุดออก ก่อนนำไปทำให้แห้งได้กาแฟกะลาแห้ง แล้วจึงนำกาแฟกะลาแห้งไปเข้าเครื่องสีกะเทาะเมล็ด ได้สารกาแฟที่ต้องการ

หลังการเก็บเกี่ยวผลกาแฟสุก ขั้นตอนแรกของการแปรรูปกาแฟอะราบิกาผลสดเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ จำเป็นต้องมีการคัดแยกกาแฟที่มีคุณภาพต่ำออกไป ได้แก่ กาแฟที่มีความสุกแก่ไม่เหมาะสม ผลอ่อน ผลเขียว ผลกาแฟแห้ง และผลกาแฟที่มีร่องรอยการเข้าทำลายของมอดเจาะผลเมล็ดกาแฟ รวมทั้งสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหิน ดิน ทราย เป็นต้น ผลกาแฟคุณภาพต่ำที่คัดทิ้งเหล่านี้จะถูกนำไปตากแห้งบนลานทั้งเปลือกจนแห้งและนำไปสีได้เมล็ดกาแฟเกรดต่ำ ส่วนผลกาแฟสุกที่มีคุณภาพจะถูกนำไปแปรรูปสดในขั้นตอนการลอกเปลือก การกำจัดเมือก การทำแห้ง และการสี ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ

การทำความสะดวกผลกาแฟเบื้องต้นโดยทั่วไปสามารถใช้ตะแกรงโยกเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนขนาดเล็กเช่น เศษหิน หิน ทราย และคัดแยกสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ ก้อนหิน ก้อนดิน เป็นต้น วิธี

ปฏิบัติในการคัดแยกผลกาแพของเกษตรกรเริ่มจากลำเลียงหรือเทผลกาแพจากกระสอบลงในบ่อที่บรรจุ น้ำสะอาด ทำการกวนน้ำ และใช้ตะแกรงซ้อนตักแยกผลกาแพที่ลอยน้ำออกไป หลังจากนั้นปล่อยน้ำออกจากบ่อ และทำการลำเลียงผลกาแพที่จมน้ำเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก ผลกาแพที่ลอยน้ำส่วนใหญ่มี คุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลกาแพที่ถูกมอดเจาะผลเมล็ดกาแพเข้าทำลาย ผลฝ่อ และผลแห้งซึ่งเกิดจากเก็บเกี่ยว ล่าช้า เป็นต้น ส่วนผลกาแพที่จมน้ำส่วนใหญ่เป็นผลสุกมีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามผลกาแพที่สุกแก่ไม่ เหมาะสม เช่น ผลกาแพอ่อนและผลเขียว ซึ่งจัดเป็นกาแพคุณภาพต่ำนั้น มีคุณสมบัติด้านน้ำหนักจำเพาะ ใกล้เคียงกับผลกาแพสุก ทำให้ส่วนใหญ่จมน้ำปะปนกับกาแพสุกด้วย โดยมีบางส่วนลอยน้ำ และ นอกจากนี้ผลกาแพสุกเมล็ดเดี่ยว (Pea berry) ถึงแม้จะมีปริมาณไม่มาก แต่มีคุณภาพดีเช่นเดียวกับผล กาแพสุกทั่วไปที่มี 2 เมล็ดและมีราคาสูงแต่ส่วนใหญ่ลอยน้ำ จึงทำให้สูญเสียโดยถูกคัดแยกออกไปปะปน กับผลกาแพที่ลอยน้ำ

เครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อน ผลเขียว มีการใช้ในต่างประเทศ อาศัยคุณสมบัติที่แตกต่างด้านความ แข็งของผลกาแพ ผลกาแพสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงที่มีขนาดเหมาะสมออกไป ส่วน ผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลาย ดังนั้นการใช้เครื่องแยกกาแพผลอ่อนจึงช่วยทำให้กาแพมีคุณภาพ สามารถลดการสูญเสียของผลกาแพสุก เมล็ดเดี่ยวที่ลอยน้ำได้ และยังมีส่วนช่วยทำให้เครื่องลอกเปลือกทำงานได้เร็วขึ้น เนื่องจากผลกาแพสุก บางส่วนจะถูกลอกเปลือกออกไปแล้ว นอกจากนี้หากได้มีการพัฒนาให้สามารถคัดแยกผลกาแพที่ลอยน้ำ ออกไปได้ภายในเครื่องเดียวกัน จะช่วยลดขั้นตอนและความจำเป็นที่ต้องมีบ่อลอยน้ำได้

## 7. วิธีดำเนินการ :

- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง
  - วัสดุสำหรับสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแพผลอ่อน
  - ผลกาแพสด
  - เครื่องวัดความเร็วรอบ
  - นาฬิกาจับเวลา
  - เครื่องชั่ง
  - เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
  - เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- วิธีปฏิบัติการทดลอง

การทดลองนี้ ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อน ผลเขียว นำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปสดกาแพเพื่อผลิตเมล็ดกาแพคุณภาพ โดยคัดแยกผลกาแพคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลอ่อน ผลเขียว และอาจรวมทั้งผลกาแพเสียที่ลอยน้ำออกก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก

1) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแพ โดยผลกาแพสุกมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าผลกาแพอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรีดผลกาแพ และแบบตีผลกาแพ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

แบบรีดผลกาแพ ประกอบด้วยลูกกลิ้งรีดผลกาแพทรงกระบอก ติดรีวหรือครีบบตามความยาว ลูกกลิ้งหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร (พิจารณาจากขนาดเมล็ดกะลาเมือกและผลกาแพ) หลักการทำงานของผลกาแพสุกมีลักษณะนุ่ม จะถูกลูกกลิ้งรีดให้ลอดผ่านช่องตะแกรง โดยผลกาแพสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดกะลาเมือกปลิ้นออกจากเปลือก ส่วนผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง

แบบตีผลกาแพ ประกอบด้วยลูกกลิ้งหมุน มีลักษณะทรงกระบอกติดครีบบตามความยาว ทำหน้าที่ตีผลกาแพไปกระทบกับผนัง ผลกาแพสุกซึ่งมีลักษณะนุ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแพอ่อนที่มีลักษณะแข็งจะกระดอนกลับไปไกลกว่า แผ่นกั้นช่องแยกผลกาแพสุกและผลกาแพอ่อน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตีผลกาแพกับผนังกระทบสามารถปรับระยะได้

2) ทดสอบเบื้องต้น แก๊วข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

3) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของต้นแบบทั้งสองแบบ คือ แบบรีดผลกาแพ และแบบตีผลกาแพ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการคัดแยก ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยปัจจัยศึกษาสำหรับแบบรีดผลกาแพ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแพ และแบบช่องเสื้อตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) ปัจจัยศึกษาสำหรับแบบตีผลกาแพ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแพ ระยะห่างของผนังกระทบ และระยะห่างช่องแผ่นกั้นระหว่างผลกาแพสุกและผลกาแพอ่อน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

- การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักผลกาแพก่อนและหลังการตัดแยกผลอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- เวลาที่ใช้ในตัดแยกผลกาแพอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- คุณภาพผลกาแพหลังการตัดแยก
- น้ำหนักผลกาแพอ่อนที่ปนในผลกาแพสุกหลังการตัดแยก
- น้ำหนักผลกาแพสุกที่ปนในผลกาแพอ่อนหลังการตัดแยก
- กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
- ความเร็วของลูกกลิ้งรีดผลกาแพ และลูกกลิ้งรีดผลกาแพ (เมตรต่อวินาที)

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
  - ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ชวนวาง
  - ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
- ระยะเวลา เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

### การออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแพอ่อน

ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแพอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแพ โดยผลกาแพสุกมีลักษณะอ่อนนิ่มกว่าผลกาแพอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรีดผลกาแพ และแบบตีผลกาแพ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

1.1 ต้นแบบเครื่องตัดแยกผลกาแพอ่อนแบบรีดผลกาแพ (ภาพที่ 1) ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแพทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนวน ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแพหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง (ภาพที่ 2) เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแพกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแพสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแพให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง ซึ่งตรงช่องออกนี้มีส่วนควบคุมการทำงานแบบตุ้มน้ำหนักถ่วง



ภาพที่ 1 ลักษณะแกนรีดผลกาแพ



ภาพที่ 2 ลักษณะเสื่อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

เบื้องต้นได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของแกนรีดผล 3 ระดับ คือ 1.90 2.28 และ 2.85 เมตรต่อวินาที โดยใช้เสื่อตะแกรงแบบแนวนอน และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ผลกาแพสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดทะลวงเปลือกและลอดผ่านช่องตะแกรงออกมา ผลผลิตที่ได้เป็นเมล็ดทะลวงเปลือกปนกับเปลือก มีผลเขียวขนาดเล็กปะปนมาน้อยมาก ประสิทธิภาพการคัดแยกผลอ่อนใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ออกช่องปลายทางมีผลกาแพสุก เมล็ดทะลวงเปลือก และเปลือกไหลปะปนออกมาด้วย โดยเป็นผลกาแพอ่อน/ผลเขียว 73.06 - 79.81% ที่ความเร็ว 1.90 และ 2.28 เมตรต่อวินาที ไม่พบเมล็ดทะลวงเปลือกแตก และพบเล็กน้อย 0.83% ที่ความเร็ว 2.85 เมตรต่อวินาที ขณะที่เมล็ดกาแพทะลวงเปลือกที่ได้จากการใช้เครื่องลอกเปลือกกาแพผลสดซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป มีปริมาณเมล็ดแตกรวม 3.8% อัตราการทำงาน of เครื่องเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วของแกนรีดผล โดยที่ความเร็ว 2.28 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงาน 833 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของแกนรีดผลกาแพ

ความเร็ว	อัตรา	ผลเขียว	ผลเขียว	หลังคัดผลเขียว
----------	-------	---------	---------	----------------

แกนรีดผล (m/s)	การทำงาน (kg/h)	ก่อนคัต (%)	หลังคัต (%)	ถลอก (%)	แตก (%)	แตกรวม (%)
1.90	750	14.16	74.22	0.00	0.00	0.00
2.28	833	10.69	79.81	0.00	0.00	0.00
2.85	938	8.73	73.06	0.73	0.10	0.83
เครื่องสีเปลือก	-	-	-	2.13	1.67	3.80

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื่อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง โดยใช้ความเร็วแกนรีดผลกาแฟ 2.28 เมตรต่อวินาที พบว่า เสื่อตะแกรงแบบแนวนอนมีอัตราการการทำงาน 1,029 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง สูงกว่าเสื่อตะแกรงแบบแนวตั้ง เสื่อตะแกรงแบบแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการคัดแยกผลอ่อนสูงกว่าเสื่อตะแกรงแบบแนวนอน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลกาแฟอ่อนและการปรับน้ำหนักถ่วงตรงช่องทางออกด้วย ผลผลิตเมล็ดกะลาเมือกที่ได้ไม่พบเมล็ดแตก โดยมีปริมาณเมล็ดถลอกเล็กน้อย 0.32% และ 1.72% เมื่อนำผลผลิตเมล็ดกะลาเมือกที่ได้ซึ่งมีเปลือกปนอยู่ไปผ่านเครื่องลอกเปลือกผลสดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการแยกเปลือก ทำให้เมล็ดกาแฟกะลาเมือกถลอกและแตกเพิ่มขึ้นรวมเป็น 4.16% ขณะที่การลอกเปลือกกาแฟผลสดด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป ได้เมล็ดกะลาเมือกมีปริมาณเมล็ดแตกรวมสูงกว่าคือ 5.24%

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื่อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง

เสื่อตะแกรง	อัตรา การทำงาน (kg/h)	ผลอ่อน ก่อนคัต (%)	ผลอ่อน หลังคัต (%)	หลังคัตผลเขียว			หลังลอกเปลือก		
				ถลอก (%)	แตก (%)	แตกรวม (%)	ถลอก (%)	แตก (%)	แตกรวม (%)
แนวตั้ง	612	17.81	74.92	1.78	0.00	1.78	2.96	0.84	3.80
แนวนอน	1029	12.35	56.41	0.32	0.00	0.32	3.03	1.14	4.16
เครื่องสีเปลือก	846	-	-	-	-	-	4.37	0.87	5.24





ภาพที่ 3 การทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบบริดผลกาแพเบื้องต้น



ภาพที่ 4 ผลผลิตจากต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบบริดผลกาแพ

1.2 ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบตีผลกาแพ (ภาพที่ 5) มีลักษณะคล้ายพัดลมแบบ หอยโข่ง ประกอบด้วยส่วนตีผลกาแพ และส่วนผนังกระทบ ส่วนตีผลกาแพประกอบด้วยจานใบตี มี ลักษณะเหมือนใบพัดลมใบตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร หมุนอยู่ ภายในเสื้อ ผลกาแพถูกป้อนเข้าส่วนกลางของจานใบตี และถูกใบพัดซึ่งหมุนตีไปกระทบบนผนังด้านนอก ผลกาแพสุกซึ่งมีลักษณะนิ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแพอ่อนที่มีลักษณะ แข็งกว่าจะกระดอนกลับไปไกลกว่า ส่วนของผนังกระทบ และแผ่นกั้นช่องแยกผลกาแพสุกและผลกาแพ อ่อน สามารถปรับระยะได้



## ภาพที่ 5 ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็วของใบตีประมาณ 4.2 เมตรต่อวินาที สามารถตีส่งผลกาแฟไปกระทบผนังในแนวตั้งฉากได้ แต่ประสิทธิภาพการคัดแยกยังต่ำอยู่ เนื่องจากความแข็งของผลกาแฟอ่อนและผลที่สุกห้ามไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ผลกาแฟที่มีขั้วผลติดมาด้วยรวมทั้งกาแฟที่เก็บมาเป็นพวงมีผลกระทบต่อการทำงานคัดแยกด้วย ข้อดีของการคัดแยกด้วยวิธีนี้จะได้กาแฟผลสุกที่ยังไม่ถูกลอกเปลือกและนำไปลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือก ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป

### 8.2 ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากผลการทดสอบเบื้องต้น เลือกต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ นำมาพัฒนาปรับปรุงต่อและทำการทดสอบเก็บข้อมูล หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกผลอ่อนแบบนี้ใช้เกลียวตันรีดให้ผลกาแฟสุกผ่านช่องรูตะแกรง กาแฟผลอ่อนที่แข็งกว่าไม่สามารถรีดออกได้ และจะไหลไปออกทางด้านทางออกท้ายเครื่อง ปัจจัยศึกษาสำหรับเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ได้แก่ รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ความเร็วของแกนรีดผลกาแฟ และแบบช่องสี่ตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน)

รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ได้ดำเนินการออกแบบ 3 แบบคือ

1 แบบมีฟันและมีเกลียวกันท้าย



ภาพที่ 6 แกนรีดผลกาแฟแบบมีฟันและมีเกลียวกันท้าย

2 แบบไม่มีฟัน และมีเกลียวกันท้าย



ภาพที่ 7 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและมีเกลียวก้นท้าย

3 แบบไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวก้นท้าย



ภาพที่ 8 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและไม่มีเกลียวก้นท้าย

แบบช่องเสื่อตะแกรง ได้ดำเนินการออกแบบ 2 รูปแบบ คือ แบบแนวตั้งและแบบแนวนอนดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ลักษณะเสื่อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

ปี 2560 ได้นำต้นแบบเครื่องคัดแยกผลอ่อนไปทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) โดยใช้แบบแกนรีดผลกาแฟ 5 แบบ คือ

แบบแกนที่ 1 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ มีฟัน มีเกลียวก้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตร/วินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที

แบบแกนที่ 2 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแพ มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตร/วินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที

แบบแกนที่ 3 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวอน แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตร/วินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที

แบบแกนที่ 4 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตร/วินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที

แบบแกนที่ 5 เป็นแบบเสื่อตะแกรงคัดแนวอน แกนรีดผลกาแพ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที และความเร็วแกนคัด 2.22 เมตร/วินาที

ผลการทดสอบแบบแกนทั้ง 5 แบบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบเครื่องคัดผลอ่อนกาแพแบบต่างๆ

แบบแกน	แบบตะแกรง	ความเร็วทำงาน	ความสามารถทำงานเฉลี่ย(กก./ชม)	สุมก่อนคัด		สุมหลังคัด		คัดผลเขียวได้
				% ผลเขียว	% ผลแดง	% ผลเขียว	% ผลแดง	
มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.22	1069.63	6.1	93.9	3.93	96.07	35.57%
มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.66	1145.02	8.6	91.4	3.53	96.47	59.06%
มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวตั้ง	2.22	649.73	7.98	92.02	4.75	95.25	40.47%
มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวตั้ง	2.66	745.16	7.26	92.74	2.41	97.59	66.80%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.22	862.66	9.54	90.46	1.69	98.31	82.22%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.66	954.32	6.98	93.02	1.27	98.73	81.80%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวตั้ง	2.22	438.17	8.77	91.23	5.96	94.04	32.04%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกันท้าย	แนวตั้ง	2.66	523.07	9.55	90.45	4.35	95.65	54.45%
ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.22	942.97	11.03	88.97	1.76	98.24	84.04%
ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย	แนวอน	2.66	929.62	12.84	87.16	1.22	98.78	90.50%

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนทั้ง 5 แบบ แบบแกนที่ 5 เสื่อตะแกรงคัด แนวนอน (H) แกนคัดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกันท้าย ที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที (ใช้ฟูล์ยตัวขับ ขนาด 3.5" ตัวตามขนาด 10") ให้ผลการทดสอบดีที่สุด หลังคัดเครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50% ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปี 2561 ได้ทำการสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 เสื่อตะแกรงเป็น แบบแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกันท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 m/s (ใช้ฟูล์ยตัวขับ 3.5" ตัวตาม 10") ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป็อก อ.แม่อ่อน จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 ความเร็วแกนคัด 2.66 m/s สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรกรบ้านป็อก อ.แม่อ่อน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถ (กก./ชม)	ส้อมก่อนคัด		ส้อมหลังคัด		ความสามารถ การคัดผล อ่อน (%)
		% ผลอ่อน	% ผลแดง	% ผลอ่อน	% ผลแดง	
1	1279.6	11.96	88.04	0.56	99.44	95.32
2	1245.88	11.42	88.58	0.98	99.02	91.42
3	1260.00	12.05	87.95	1.75	98.25	85.48
4	1210.30	11.00	89.00	1.05	98.95	90.45
5	1235.77	11.69	88.31	1.24	98.76	89.39

เฉลี่ย	1246.31	11.62	88.38	1.12	98.88	90.41
--------	---------	-------	-------	------	-------	-------



ภาพที่ 10 ทดสอบเครื่องคัดแยกผลอ่อนที่ไร่เกษตรกร บ้านปोक อ.แม่อน จ.เชียงใหม่

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องคัดแยกผลกาแพอ่อนแบบรีดผลกาแพ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแพทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดรีวหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนวนุ ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแพหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแพกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแพสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแพให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแพอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูป  
กาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06  
ปีจึงจะคุ้มทุน การตัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องตัดแยกผลกาแฟ  
อ่อนแบบรีดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุก  
ส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อกบกับเปลือก แต่ต้องหา  
วิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมื่อกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยัง  
ฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การตัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัด  
แยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ในปี 2563 กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ  
ผู้ประกอบการแปรรูปสตกาแฟ และโรงงานผู้ผลิตเครื่องจักรกล

## 11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.  
ปทุมธานี สำหรับการสร้างและทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)  
ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.  
ลำปาง และเกษตรกร บ้านป้อก อ.แม่ฮอน จ.เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุทดลอง และ  
อำนวยความสะดวกในการทดสอบเครื่องในพื้นที่ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

## 12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์  
ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑิต วาฤทธิ. ๒๕๕๒. การปลูกและผลิตกาแฟอะราบิกาที่สูง. ศูนย์วิจัยและ  
พัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. ๒๒๙ หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ.

แหล่งข้อมูล:<http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล:

[http://www.oae.go.th/oea\\_report/export\\_import/export.php](http://www.oae.go.th/oea_report/export_import/export.php). (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

Sivetz, M. and N.W. Desrosier. 1979. Coffee Technology. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.716 pp.

### 13. ภาคผนวก

#### ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องขัดล้างเมื่อกาแฟ



### ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน

มูลค่าเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน (P) 25,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) 10 ปี

มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L) 0 บาท

ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องตัดแยกกาแฟผลอ่อน =  $(P-L)/N$   
=  $(25,000 - 0)/10$  บาท/ปี

= 2,500 บาท/ปี

-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)

ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุน =  $[(P+L)/2] \times i$   
=  $[(25,000+0)/2] \times 0.1$  บาท/ปี

= 1,250 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม = 2,500+1,250 บาท/ปี

= 3,750 บาท/ปี

### ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

-ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 2 คน 300 บาท/คน เวลา 90 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน =  $2 \times 300 \times 90$  บาท/ปี

= 54,000 บาท/ปี

-ค่าน้ำ

ไม่มีค่าใช้จ่าย

-ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 1,119 วัตต์

ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง =  $1,119 \times 5$  วัตต์×ชั่วโมง/วัน

= 5,595 กิโลวัตต์×ชั่วโมง/วัน

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า =  $5,595 \times 90 \times 3.5$  บาท/ปี

= 1,762.43 บาท/ปี

-ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5 =  $0.05 \times 25,000$  บาท/ปี

= 1,250 บาท/ปี

-ต้นทุนผันแปรรวม = 57,012.43 บาท/ปี

-ต้นทุนรวมทั้งหมด =  $3,750 + 57,012.43$  บาท/ปี

	= 60,762.43	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ฤดูกาล มีปริมาณกาแพ	= 650 × 5 × 90	กิโลกรัม/ปี
	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 60,762.43/292,500	กิโลกรัม/ปี
	= 0.21	บาท/กิโลกรัม
<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>		
ราคาค่าจ้างในการตัดแยกกาแพผลอ่อน	= 0.5	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 0.21	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 0.29	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณกาแพ	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	$0.29 \times N = 0.21 \times 292,500$	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 211810.35	กิโลกรัม/ปี
คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการตัดแยกกาแพผลอ่อน*	= 211810.35	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง	$= (292,500 - 211810.35) \times$	บาท/ปี
	0.29	
	= 23,400	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 25,000/23,400	ปี
	= 1.06	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง) × 100	%

$$= (23,400/25,000) \times 100 \quad \%$$

$$= 93.60 \quad \%/ปี$$

---